Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 4, Winter 2024, p. 1163-1178

Effect of Application of Salicylic Acid, Thiofer Natural Antifreeze and Soybean Oil on the Phenological Characteristics of Sweet Cherry under Cold Stress Conditions

H. Sartip[1], A.A. Shokouhian[2*], E. Chamani[3], A.R. Ghanbari[3]

1, 2 and 3- Ph.D. Student, Associate Professor and Professor, Department of Horticultural Sciences & Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, respectively.
(* Corresponding Author Email: shokouhiana@yahoo.com)

Received: 04-06-2023 Revised: 18-09-2023 Accepted: 18-09-2023 Available Online: 18-09-2023	**How to cite this article:** Sartip, H., Shokouhian, A.A., Chamani, E., & Ghanbari, A.R. (2024). Effect of application of salicylic acid, Thiofer natural antifreeze and soybean oil on the phenological characteristics of sweet cherry under cold stress conditions. *Journal of Horticultural Science, 37*(4), 1163-1178. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhs.2023.82775.1267

Introduction

Sweet cherry is very popular due to its early maturity, high transportability, attractive appearance and good taste of the fruit. The high content of sugars, ascorbic acid, vitamins, carbohydrates and organic acids in the fruit increases the interest in this product both in industrial gardening and home gardening. The damage caused by cold in the critical stages of plant growth is one of the important factors in reducing the yield of plants all over the world. Salicylic acid is one of the phenolic compounds that is produced by the roots, and by reducing the activities of reactive oxygen species, it increases the resistance of plants to various environmental stresses (Mahmoudi *et al*., 2019). Salicylic acid not only plays an important role in determining the quality, color and taste of grape fruit (Hajivand & Rahmati, 2018), but also in the plant's response to environmental stresses such as drought (Miura & Tad, 2014), cold (Kosova *et al*., 2014) salinity (Noreen *et al*., 2014) and heavy metal stress (Mahmoudi *et al*., 2019) are effective. Commercial compounds such as plant growth regulators, including antiperspirant and antifreeze substances, are also used to increase cold resistance or delay the breaking of bud stagnation in horticultural crops (Mahmoudzade *et al*., 2012). Another way to reduce spring cold damage is to use Natural Plant Antifreeze. These materials either act as a mechanical barrier to prevent the formation of ice crystals on sensitive plant tissues or activate cold resistance systems in the plant (Hajivand & Rahmati, 2018).

Materials and Methods

In order to investigate the effect of the application of growth regulators, on the cold resistance of the cherry tree variety "Siah Daneh Mashhad", a factorial experiment was conducted in the form of a randomized complete block design with 3 factors of growth regulators each at 3 levels. (salicylic acid: zero, 1.5 and 3 mM), (natural antifreeze Thiofer: zero, 2.5 and 5 per 1000) and (soybean oil: zero, 2.5 and 5 per 1000)} and in 4 repetitions It was performed in a commercial garden located in Serain city in 2018 and 2019.

Results and Discussion

The results of the variance analysis revealed that the three-way interactions of the experimental factors significantly influenced the percentage of healthy pistils and the duration of flowering cessation at the 1% probability level. The highest percentage of healthy pistils, reaching 69.25%, was observed in the treatment involving foliar spray application of salicylic acid (1.5 mM) combined with soybean oil (5/1000) and foliar spraying of Thiofer natural antifreeze (5/1000). Furthermore, the combined effect of salicylic acid and natural

https://doi.org/10.22067/jhs.2023.82775.1267

antifreeze was found to be the most effective in delaying the onset of flower opening. The highest amount of ion leakage percentage was observed in the control treatment and the lowest amount was observed in the 3 mM salicylic acid foliar treatment along with soybean oil (5 per 1000) Thiofer. According to the data variance analysis table (Table 1), the ion leakage index was affected by the simple effect of salicylic acid, soybean oil and antifreeze and the interaction effect of salicylic acid oil × salt, salicylic acid × soybean oil, and soybean oil × antifreeze. The activity of malondialdehyde was affected by the simple effect of salicylic acid and soybean oil and the interaction effect of salicylic acid × year and year × soybean oil (Table 1). The total phenolic content was also affected by the simple effect of salicylic acid and soybean oil (Table 1). According to Figure 10, increasing the concentration of salicylic acid increased the content of total phenol, so that the highest content of total phenol (53.22%) was obtained in the treatment of 3 mM salicylic acid, while there was no significant difference in the treatment of 1.5 mM salicylic acid. To adapt to the cold, phenolic compounds accumulate in plants, which are related to the antioxidant capacity of the plant (Mozafari &Yazdan Panah, 2018). A decrease in temperature increases the accumulation of phenolic compounds in the plant and can act as a mechanism to adapt and overcome the oxidative stress caused by low temperature (Balasundram *et al*., 2007). Balasundram and colleagues (Balasundram *et al*., 2007) noted that grape plants exhibit an accumulation of phenolic compounds and proteins while maintaining membrane stability at low temperatures. This accumulation leads to reduced production of malondialdehyde, enhancing the plant's adaptability and tolerance to cold temperatures, thereby reducing the risk of freezing. Similar observations of increased phenolic compound levels during cold adaptation have been reported in pistachios (Palonen, 1999) and apples (Huang & Wang, 1982). Chen and Tian (Chan & Tian, 2006) reported an increase in phenolic compound accumulation following enhanced activity of phenylalanine ammonia-lyase enzymes in grapes treated with salicylic acid. From their findings, they concluded that salicylic acid plays a pivotal role in the biosynthesis of phenolic compounds and the activation of plant defense genes.

Conclusion

According to the observations of this research, it can be concluded that the use of salicylic acid along with soybean oil and natural antifreeze of Thiofer is a suitable solution in order to delay the opening time of flowers and also to increase the indicators of cherry cold resistance against The tension is cold.

Keywords: Frost resistance, Induction of resistance, Initiation of flowering, Ion leakage, Sweet cherry

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ٤، زمستان ١٤٠٢، ص. ١١٧٨-١١٦٣

اثر کاربرد اسید سالسیلیک، ضدیخ طبیعی تیوفر و روغن سویا بر ویژگی‌های فنولوژیکی گیلاس در شرایط تنش سرما

حسین سرتیپ[۱]- علی اکبر شکوهیان[۲]*- اسماعیل چمنی[۳]- علیرضا قنبری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۷

چکیده

خسارت ناشی از سرما در مراحل حساس رشد و نمو، یکی از عوامل مهم کاهش عملکرد گیاهان در سراسر جهان است. به منظور بررسی تاثیر کاربرد اسید سالسیلیک، ضدیخ طبیعی تیوفر و روغن سویا، بر تحمل به سرمای بهاره درخت گیلاس رقم 'سیاه تکدانه مشهد' آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه فاکتور اسید سالیسیلیک (صفر، ۱/۵ و ۳ میلی مولار)، ضد یخ طبیعی تیوفر (صفر، ۲/۵ و ۵ در ۱۰۰۰) و روغن سویا (صفر، ۲/۵ و ۵ در۱۰۰۰) در ۴ تکرار در یک باغ تجاری واقع در شهرستان سرعین در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ اجرا شد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر فاکتورهای آزمایشی بر درصد مادگی سالم و زمان پایان گلدهی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود و بیشترین درصد مادگی سالم (۶۹/۲۵ درصد) در تیمار محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک (۱/۵ میلی مولار) به همراه روغن سویا (۵ در ۱۰۰۰) و محلول‌پاشی ۵ در ۱۰۰۰ ضد یخ طبیعی تیوفر مشاهده شد. اثر اسید سالسیلیک و ضد یخ طبیعی در به تاخیر انداختن زمان باز شدن گل‌ها بیشترین اثر را داشت. بیشترین میزان درصد نشت یونی در تیمار شاهد و کمترین مقدار آن نیز در تیمار محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک ۳ میلی مولار به همراه روغن سویا (۵ در ۱۰۰۰) مشاهده شد. با توجه به مشاهدات این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از اسید سالیسیلیک به همراه روغن سویا و ضد یخ طبیعی تیوفر می‌تواند راهکاری مناسب به‌منظور به تاخیر انداختن زمان باز شدن گل‌ها و همچنین افزایش شاخص‌های تحمل به سرما در گیلاس باشد.

واژه‌های کلیدی: القای مقاومت، سرمازدگی، شروع گلدهی، گیلاس و نشت یونی

مقدمه

گیلاس با نام علمی .*Prunus avium* L از تیره Rosaceae، زیر تیره Prunoideae و جنس *Prunus* یکی از محصولات مهم باغبانی کشور محسوب می‌شود. این محصول از مهمترین میوه‌های مناطق معتدله در دنیا می‌باشد که از نظر مناطق انتشار و مقاومت به گرما و سرما جزء دسته‌ی میوه‌های سردسیری هسته‌دار محسوب می‌شود. منشاً این درخت، غرب آسیا، شمال چین، افغانستان، ترکیه و ایران (اطراف دریای خزر) است و تولید تجاری گیلاس محدود به عرض جغرافیایی ۳۰-۴۵ درجه‌شمالی می‌شود (Solonkin *et al*., 2022). گیلاس یکی از مهمترین محصولات میوه‌ای می‌باشد که به دلیل دارا بودن ترکیبات پلی فنل و آنتی اکسیدانی شامل اسید آسکوربیک، کارتنوئیدها و آنتوسیانین‌ها از ارزش بالایی در تغذیه و سلامت میلیون‌ها انسان برخوردار است (USDA, 2020).

امروزه استفاده از روش‌های ارزان، سریع و جایگزین در کاهش خسارت یخزدگی مانند اسپری مواد ضدیخ در باغبانی مورد توجه قرار گرفته است (Hajivand & Rahmati, 2018). این مواد یا به‌صورت سد مکانیکی جلوگیری از تشکیل کریستال یخ روی بافت های گیاهی حساس عمل می‌کنند یا مکانیزم‌های مقاومت به سرما در گیاه را فعال می‌کنند. تیوفر شامل باکتری‌های تیوباسیلوس، ریز مغذی‌ها و آمینواسیدها است (Ecevit, 2004) که در کاهش خسارت سرمازدگی مؤثر گزارش شده است. عملکرد مواد ضد یخ در کاهش

۱، ۲ و ۳- دانش‌آموخته دکتری، دانشیار و استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: shokouhiana@yahoo.com)
https://doi.org/10.22067/jhs.2023.82775.1267

اثرات تنش‌ها به غلظت و مرحله رشد گیاه بستگی دارد. به‌طوری‌که غلظت بسیار کم و بسیار بالای آن منجر به افزایش حساسیت و کاهش مقاومت گیاهان به تنش‌های غیر زیستی می‌شود (Miura & Tad, 2014).

اسید سالسیلیک از ترکیبات فنولی است که توسط ریشه تولید می شود و از طریق کاهش فعالیت‌های گونه‌های اکسیژن فعال (Reactive Oxygen Species) سبب افزایش مقاومت گیاهان نسبت به تنش‌های مختلف محیطی می‌گردد (Mahmoudi *et al*., 2019). اسید سالسیلیک نه تنها نقش مهمی در تعیین کیفیت، رنگ و طعم میوه انگور دارد (Hajivand & Rahmati, 2018) بلکه در واکنش گیاه به تنش‌های محیطی از جمله خشکی (Miura & Tad, 2014)، سرما (Kosova *et al*., 2014) شوری (Noreen *et al*., 2014) و تنش فلزات سنگین (Mahmoudi *et al*., 2019) مؤثر است. ترکیبات تجاری مانند تنظیم کننده‌های رشد گیاهی از جمله مواد ضدتعرق و ضدیخ نیز برای افزایش مقاومت به سرما یا تاخیر در شکستن رکود جوانه‌های محصولات باغی به‌کار می‌روند (Mahmoudzade *et al*., 2012). روش دیگر برای کاهش خسارت سرمای بهاره استفاده از ضدیخ طبیعی (Natural Plant Antifreeze) است. ضدیخ طبیعی، نقطه انجماد را در گیاهان پائین‌تر آورده (۸-۷ درجه سانتی‌گراد) و بر این اساس کمک می‌کند تا از گیاهان در مقابل سرما و یخ‌زدگی محافظت شود. عملکرد مواد ضد یخ در کاهش اثرات تنش‌ها به غلظت و مرحله رشد گیاه بستگی دارد. به طوری‌که غلظت بسیار کم (۰/۰۱ در هزار) و بسیار بالای آن (۱۰۰ در هزار) منجر به افزایش حساسیت و کاهش مقاومت گیاهان به تنش های غیرزیستی می‌شود (Miura & Tad, 2014). حاجی‌وند و رحمتی (Hajivand & Rahmati, 2018) گزارش کردند که مواد ضد یخ موجب افزایش معنی‌دار میزان اسمولیت‌ها و فعالیت آنزیم‌های شاخص مقاومت به سرما نسبت به تیمار شاهد شدند. به‌طوری‌که بیشترین میزان این اسمولیت‌ها و میزان فعالیت این آنزیم‌ها به‌ترتیب مربوط به تیمارهای اسید سالسیلیک، تیوفر (Tiofer)، کراپ آید (Cropid) و بایوبلوم (Bioblom) بوده و کمترین آن در تیمار شاهد اندازه‌گیری شد. این نتایج نشان داد که ضدیخ‌های تجاری مورد بررسی می‌توانند نه‌تنها برای افزایش مقاومت گیاه به سرما در تاکستان مورد استفاده قرار بگیرند، بلکه اندازه خوشه و کیفیت انگور را نیز بهبود می‌دهند.

بدیهی است که در صورت استفاده از روغن بجای سایر پوشش‌ها در هزینه و زمان صرفه‌جویی خواهد شد. استفاده از پوشش روغنی در بین کشاورزان بیشتر برای نگهداری میوه‌ها از سرما و افزایش عمر میوه در سردخانه‌ها کاربرد دارد (Rasouli *et al*., 2016). مطالعات چایانی و همکاران (Chayani *et al*., 2016) نشان دادند که محلول پاشی روغن سویا با غلظت‌های ۵ و ۱۰ درصد به همراه نفتالین استیک اسید موجب تأخیر در باز شدن جوانه‌های انگور رقم "فخری"و فرار از سرمازدگی بهاره می‌گردد. کرانفله (Qrunfleh, 2010) مشاهده کردند که اسپری روغن سویا در غلظت‌های ۶ تا ۸ درصد موجب به تأخیر انداختن شکست خواب جوانه‌ها در انگور و نیز تأخیردر گلدهی در درختان هلو و زردآلو می‌گردد.

با وجود آسان و ارزان بودن استفاده از این مواد برای باغداران، اطلاعات اندکی در خصوص تاثیر این مواد در کنترل سرمازدگی در باغات وجود دارد. از این رو، آزمایش حاضر به‌منظور بررسی میزان اثر سطوح اسید سالیسیلیک، روغن سویا و ضدیخ طبیعی تیوفر بر ویژگی های فنولوژیکی گیلاس رقم سیاه تکدانه مشهد در شرایط تنش سرمایی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد اسید سالسیلیک، ضدیخ و روغن سویا بر تحمل به سرمای گیلاس رقم 'سیاه تکدانه مشهد' آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه فاکتور اسید سالیسیلیک (صفر، ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار)، ضد یخ طبیعی تیوفر (صفر، ۲/۵ و ۵ در ۱۰۰۰) و روغن سویا (صفر، ۲/۵ و ۵ در۱۰۰۰) در ۴ تکرار و در طی سال‌های ۹۹-۱۳۹۸ در یک باغ تجاری واقع در شهرستان سرعین، روستای کرده‌ده اجرا شد. این تیمارها در سه نوبت (زمان تورم جوانه، غنچه و باز شدن کامل گل) انجام گرفت.

به منظور تعیین شاخص‌های مقاومت به سرما در رقم مورد آزمایش ۷۲ ساعت بعد از آخرین محلول‌پاشی با تیمارهای آزمایشی، ۳۰ شاخه دوساله حاوی گل از درختان باغ گرفته شده و در کیسه‌های پلاستیکی همراه با فلاسک حاوی یخ به آزمایشگاه منتقل گردیدند و در پارچه‌های مرطوب و در داخل فویل آلومینیوم پیچیده شده و سپس در داخل کیسه‌های پلاستیکی قرار گرفتند. کیسه‌های پلاستیکی حاوی شاخه‌های گیلاس در حمام اتیلن – گلیکول به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴- درجه سانتی‌گراد تیمار شدند. نمونه‌ها از انکوباتور خارج شده و در دمای اتاق ۱±۲۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و سپس نمونه‌های هر تیمار مورد ارزیابی قرار گرفتند (Nasiri *et al*., 2021).

براساس سیاه شدن بافت مادگی و گلبرگ‌ها ازطریق مشاهده‌ای میزان آسیب وارده ناشی از سرمای بهاره اندازه‌گیری شد. زمان شروع گلدهی بر مبنای باز شدن ۵ درصد گل‌ها و زمان پایان گلدهی بر مبنای باز شدن بیش از ۹۵ درصد گل‌ها یادداشت‌برداری شد.

برای سنجش پایداری غشاءهای سلولی، میزان نشت الکترولیت‌ها به روش ساریرام و همکاران (Sairam *et al*., 2002) اندازه‌گیری گردید. اندازه‌گیری محتوای فنل کل با استفاده از معرف فولین -

سیکالته اندازه‌گیری شد (Ronald & Laima, 1999).

به‌منظور اندازه‌گیری محتوای مالون دی آلدئید که بیانگر میزان پراکسیده شدن لیپیدهای غشای سلولی است، از روش ژانگ و همکاران (Zhang *et al*., 2004) استفاده شد. ابتدا ۰/۲۵ گرم از بافت گیاهی (مادگی) در ۵ سی‌سی تری‌کلرواستیک اسید ۰/۱ درصد هموژنایز شد. پس از سانتریفوژ، ۱ میلی‌لیتر از روشناور به همراه ۴ میلی‌لیتر از تری‌کلرواستیک اسید ۲۰ درصد که حاوی ۰/۵ درصد تیوباربیتوریک اسید بود، مخلوط شد و سپس ۳۰ دقیقه در بن‌ماری در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده و پس از آن در یخ قرار داده شد و در نهایت جذب در طول موج‌های ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر خوانده شد.

محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۳ انجام گرفت و میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد اثر ساده سال، اسید سالسیلیک، روغن سویا و ضدیخ و اثر متقابل اسید سالسیلیک×روغن سویا و روغن سویا×ضد یخ بر تعداد گل سالم معنی‌دار شد. بر طبق نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) درصد مادگی سالم تحت تأثیر اثر ساده سال، اسید سالسیلیک، روغن سویا و ضدیخ و اثر متقابل اسید سالسیلیک×روغن سویا و اثر سه جانبه اسید سالسیلیک×روغن سویا×ضد یخ معنی‌دار گردید.

برطبق جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) شروع گلدهی تحت تأثیر اثر ساده سال، اسید سالسیلیک، روغن سویا و ضدیخ و اثر متقابل اسید سالسیلیک× ضدیخ قرار گرفت. نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که زمان پایان گلدهی تحت تأثیر اثر ساده سال، اسید سالسیلیک، روغن سویا و ضدیخ و اثر متقابل روغن سویا×سال، اسید سالسیلیک×روغن سویا و روغن سویا×ضد یخ اثر سه جانبه اسید سالسیلیک×روغن سویا×ضد یخ قرار گرفتند.

مطابق جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) شاخص نشت یونی تحت تأثیر اثر ساده اسید سالسیلیک، روغن سویا و ضدیخ و اثر متقابل روغن اسید سالسیلیک×سال، اسید سالسیلیک×روغن سویا و روغن سویا×ضدیخ قرار گرفت. فعالیت مالون دی آلدئید تحت تأثیر اثر ساده اسید سالسیلیک و روغن سویا و اثر متقابل اسید سالسیلیک×سال و سال×روغن سویا قرار گرفت (جدول ۱). محتوای فنل کل نیز تحت تأثیر اثر ساده اسید سالسیلیک و روغن سویا قرار گرفت (جدول ۱).

درصد گل سالم

مطابق شکل ۱، بیشترین درصد گل سالم در تیمار ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالسیلیک در غلظت ۵ (قسمت در هزار) روغن سویا مشاهده شد که بطور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. کمترین درصد گل سالم (۴۹/۴۳ درصد) در تیمار شاهد بدست آمد. کاربرد غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک در مرحلهٔ گلدهی روی دو رقم زردآلو نشان داد که غلظت دو میلی‌مولار این تنظیم توانست خسارت ظاهری سرمازدگی را کاهش دهد و درصد گل سالم را افزایش دهد (Alirezaie Noghondar *et al*., 2013). استفاده از روغن معدنی در زمستان همزمان با مرحله خواب کامل جوانه‌ها باعث تسریع گلدهی، افزایش یکنواختی رشد و افزایش کمیت و کیفیت مغز پسته شده است (Karimi *et al*., 2021). نقش حفاظتی اسید سالسیلیک در برابر آسیب سرمایی در گیاهان مختلف مانند پسته (Sajadian, 2011) و گردو (Khoram Shahi, 2012) گزارش شده است.

اثر متقابل ضدیخ تیوفر در روغن سویا نشان داد که بیشترین درصد گل شاهد (۷۴/۸۲ درصد) در غلظت ۳ (قسمت در هزار) روغن سویا و غلظت ۵ (قسمت در هزار) ضدیخ تیوفر بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با غلظت ۲/۵ (قسمت در هزار) روغن سویا و غلظت ۵ (قسمت در هزار) ضدیخ تیوفر وجود نداشت (شکل ۲). نتایج پیر خضری (Pirkhezari, 2018) نشان دادند که ابتدا ضدیخ تیوفر با ۹۱/۳ درصد گل سالم و ۸۵/۸ درصد مادگی سالم و سپس کراپ اید با ۷۵/۶ درصد گل سالم و ۶۳/۸ درصد مادگی سالم نسبت به سایر تیمارها برتری داشته، اما با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند. در آزمایش دیگر نیز ضدیخ پستافرت با حدود ۵۶/۸۹ درصد جوانه گل سالم و همچنین ۴۵/۹۲ درصد مادگی سالم در بین گل‌های سالم نسبت به ضدیخ تیوفر با ۲۵/۹ درصد گل سالم و ۱۹/۲ درصد مادگی سالم از گل‌های سالم و همچنین تیمار شاهد ۲۴/۱ درصد گل سالم و ۱۶/۲ درصد مادگی سالم از کل گل‌های سالم برتری داشته و تفاوت معنی داری با آن‌ها داشت (Pirkhezari, 2018).

درصد مادگی سالم

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین درصد مادگی سالم (۶۹/۲۵ درصد) در ترکیب تیماری ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالسیلیک، غلظت ۲/۵ (قسمت در هزار) روغن سویا و غلظت ۵ (قسمت در هزار) ضدیخ بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۳ میلی‌مولار اسید سالسیلیک در غلظت ۲/۵ (قسمت در هزار) روغن سویا و غلظت ۵ (قسمت در هزار) ضدیخ نداشت (جدول ۲). غلظت نابهنگام یا زیاد روغن معدنی ممکن است باعث افزایش نرخ نکروز جوانه، تأخیر در رسیدن میوه و کاهش کیفیت میوه ، تعداد خوشه ها و درصد مادگی سالم انگور شود (Karimi *et al*., 2021).

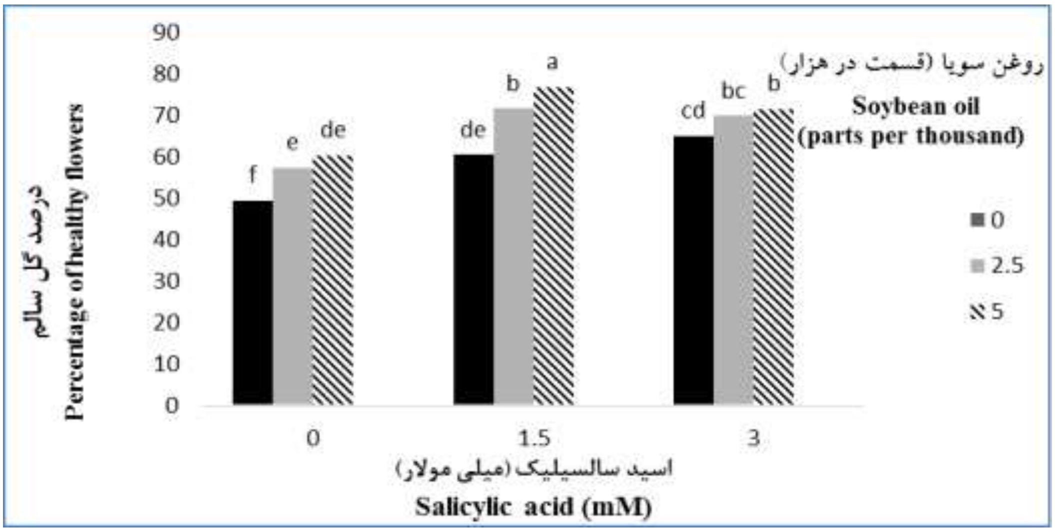
جدول ۱- تجزیه واریانس اثرات اسید سالسیلیک، روغن سویا و ضدیخ تیوفر بر شاخص‌های اندازه‌گیری شده و میزان مالون دی آلدهید و فنل کل در جوانه‌ی گل گیلاس رقم 'سیاه تکدانه مشهد' در دو سال

Table 1- ANOVA for the effects of salicylic acid, soybean oil and Thiofer antifreeze on the measured indicators and the amount of malondialdehyde and total phenol in sweet cherry flower buds cv. Siahe Takdaneh Mashhad in two years

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	گل سالم Healthy flower	مادگی سالم Healthy pistil	شروع گلدهی Beginning of flowering	پایان گلدهی End of flowering	نشت یونی Ion leakage	مالون دی آلدهید MAD	فنل کل Total phenol
تکرار Repetition	3	106.7	140.6	30.3	58.86	640.8	0.03	29048.9
سال Year	1	4072.4**	2144.1**	453.6**	443.5**	27.53 ns	0.09 ns	622.5
خطای اصلی Main error	3	83.82	63.2	198.2	224.1	48.14	0.01	7779.8
سالیسیلیک اسید Salicylic acid	2	4439.2**	2588.1**	491.6**	434.3**	4426.6**	0.69**	21979.9**
روغن سویا Soybean oil	2	2392.4**	1675.6**	298.5**	308.8**	3101.7**	0.34**	6310. 9*
ضد یخ Antifreeze	2	2519. 9**	1540.3**	101.7**	115.6**	533.6**	0.11 ns	1533.5 ns
سال × اسید سالسیلیک Year × Salicylic acid	2	25.37 ns	40.44 ns	8.3 ns	17.39 ns	89.87*	0.73**	1048.1 ns
سال × روغن سویا Year × Soybean oil	2	53.81 ns	19.05 ns	20.26 ns	44.95*	1.9 ns	0.45**	209.1 ns
سال × ضد یخ Year × Antifreeze	2	21.98 ns	9.2 ns	6.81 ns	26.11 ns	51.49 ns	0.09 ns	28.16 ns
سالیسیلیک اسید ×روغن سویا Salicylic acid × Soybean oil	4	156.4**	96.21**	15.5 ns	34.34*	87.9**	0.02 ns	381.2 ns
سالیسیلیک اسید × ضد یخ Salicylic acid × Antifreeze	4	48.27 ns	2.96 ns	42.08**	35.46*	24.27 ns	0.06 ns	1415.9 ns
روغن سویا×ضد یخ Soybean oil × Antifreeze	4	*66/63	70.16 ns	9.57 ns	89.35**	68.64*	0.04 ns	2533.1 ns
سال× سالیسیلیک اسید ×روغن سویا Year × Salicylic acid × Soybean oil	4	42.21 ns	25.6 ns	8.67 ns	3.6 ns	29.14 ns	0.04 ns	973.5 ns
سال× سالیسیلیک اسید × ضد یخ Year × Salicylic acid × Antifreeze	4	3.54 ns	7.08 ns	8.25 ns	7.27 ns	6.7 ns	0.04 ns	591.5 ns
سال× روغن سویا×ضد یخ Year × Soybean oil× Antifreeze	4	4.31 ns	15.59 ns	8.99 ns	19.53 ns	7.63 ns	0.01 ns	404.3 ns
سالیسیلیک اسید× روغن سویا× ضد یخ Salicylic acid × Soybean oil × Antifreeze	8	45.57 ns	52.59**	18.48 ns	75.19**	19.94 ns	0.02 ns	1082.5 ns
سال × سالیسیلیک اسید×روغن سویا× ضد یخ Year × Salicylic acid × Soybean oil × Antifreeze	8	36.76 ns	12.87 ns	3.91 ns	5.82 ns	19.13 ns	0.02 ns	627.1 ns
خطای فرعی Error	156	24.62	17.04	10.87	13.11	23.96	0.047	2060.5
ضریب تغییرات C.V (%)		7.67	7.81	8.24	6.86	7.92	12.43	10.76

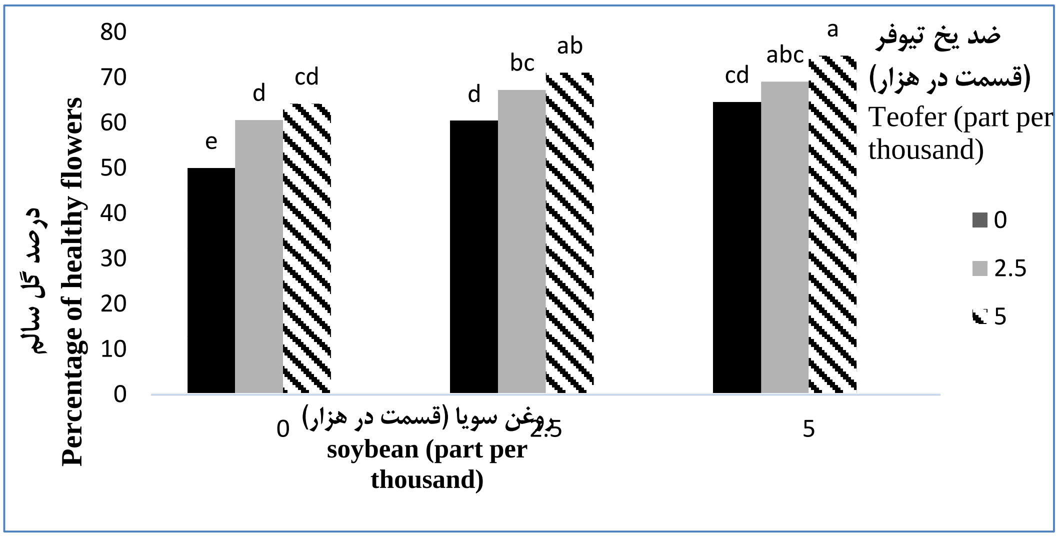
ns، ** و * به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

ns, ** and *: non-significant, and significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively.



شکل ۱- اثر متقابل محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک × روغن سویا بر درصد گل سالم گیلاس رقم 'سیاه تکدانه مشهد'

Figure 1- The interaction effect of foliar spraying of salicylic acid ×soybean oil on the percentage of healthy flowers of sweet cherry cv. Siahe Takdaneh Mashhad (DMRT, *p≤0.05*)



شکل ۲- اثر متقابل محلول‌پاشی روغن سویا × ضد یخ تیوفر بر درصد گل سالم گیلاس رقم 'سیاه تکدانه مشهد'

Figure 2- The interaction effect of soybean oil foliar spraying ×Thiofer antifreeze on the percentage of healthy flowers of sweet cherry cv. Siahe Takdaneh Mashhad (DMRT, *p≤0.05*)

شروع گلدهی

براساس مقایسه میانگین‌ها در صفت شروع گلدهی بین غلظت های ۳ و ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالسیلیک، ۲/۵ و ۵ (قسمت در هزار) ضدیخ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۳). کمترین تعداد روز (۳۴/۲۵) در شرایط عدم کاربرد اسید سالسیلیک و ضدیخ (تیمار شاهد) دیده شد (شکل ۳).

پایان گلدهی

براساس مقایسه میانگین‌ها داده‌ها طولانی‌ترین زمان پایان گلدهی (۵۷/۶۸) در ترکیب تیماری ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالسیلیک، غلظت ۲/۵ (قسمت در هزار) روغن سویا و غلظت ۲/۵ (قسمت در هزار) ضدیخ بدست آمد (جدول ۲). اثر متقابل روغن سویا×سال نشان داد که در سال ۱۳۹۸ با محلول‌پاشی غلظت ۵ (قسمت در هزار) روغن سویا بیشترین تعداد روز تا زمان پایان گلدهی حاصل شد (شکل ۴). محلول‌پاشی درختان زردآلو و هلو با روغن سویا باز شدن گل‌ها را به‌مدت چندین روز به تأخیر انداخت (Dehnavi *et al*., 2021).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه فاکتورهای آزمایش بر درصد مادگی سالم و زمان پایان گلدهی گیلاس رقم 'سیاه تکدانه مشهد'

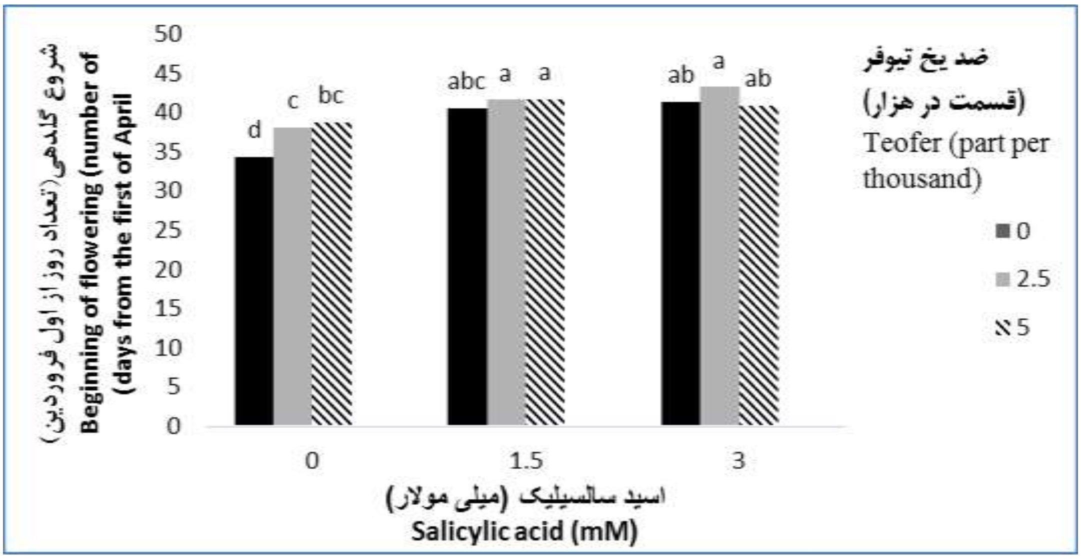
Table 2- Comparison of the average three-way interaction effects of the test factors on the percentage of healthy pistils and the time of the end of flowering

		تیمار **Treatment**	پایان گلدهی (از اول فروردین) **The end of flowering (from the first of April)**	مادگی سالم **Healthy female (percentage)**
	روغن سویا (شاهد) Soybean oil (control)	تیوفر (شاهد) Teofer (control)	42.75h	36.75 j
		تیوفر (۲/۵ در ۱۰۰۰) Teofer (2.5 in 1000)	47.08 g	40.35ij
		تیوفر (۵ در ۱۰۰۰) Teofer (5 in 1000)	50.44d-g	45.191 hi
اسید سالسیلیک (شاهد) Salicylic acid (control)	روغن سویا (۲/۵ در ۱۰۰۰) Soybean oil (2.5 per 1000)	تیوفر (شاهد) Teofer (control)	48.17 fg	42.26ij
		تیوفر (۲/۵ در ۱۰۰۰) Teofer (2.5 in 1000)	51.74b-g	49.29gh
		تیوفر (۵ در ۱۰۰۰) Teofer (5 in 1000)	52.55a-f	51.43fg
	روغن سویا (۲ در ۱۰۰۰) Soybean oil (5 per 1000)	تیوفر (شاهد) Teofer (control)	50.54d-g	43.89 hi
		تیوفر (۲/۵ در ۱۰۰۰) Teofer (2.5 in 1000)	54.04a-e	51.33fg
		تیوفر (۵ در ۱۰۰۰) Teofer (5 in 1000)	52.69a-f	52.81 efg
	روغن سویا (شاهد) soybean oil (control)	تیوفر (شاهد) Teofer (control)	49.91 efg	42.21ij
		تیوفر (۲/۵ در ۱۰۰۰) Teofer (2.5 in 1000)	50.47d-g	52.93 efg
		تیوفر (۵ در ۱۰۰۰) Teofer (5 in 1000)	53.63a-e	52.45 efg
اسید سالسیلیک (۱،۵ میلی‌مولار) salicylic acid (1.5mM)	روغن سویا (۲/۵ در ۱۰۰۰) Soybean oil (2.5 per 1000)	تیوفر (شاهد) Teofer (control)	53.7a-e	54.38d-g
		تیوفر (۲/۵ در ۱۰۰۰) Teofer (2.5 in 1000)	57.68a	58.26b-e
		تیوفر (۵ در ۱۰۰۰) Teofer (5 in 1000)	55.81abc	61.82 BC
	روغن سویا (۵ در ۱۰۰۰) Soybean oil (5 per 1000)	تیوفر (شاهد) Teofer (control)	55.26a-d	58.7b-e
		تیوفر (۲/۵ در ۱۰۰۰) Teofer (2.5 in 1000)	54.82a-e	60.5 bcd
		تیوفر (۵ در ۱۰۰۰) Teofer (5 in 1000)	51.72b-g	69.25a
	روغن سویا (شاهد) soybean oil (control)	تیوفر (شاهد) Teofer (control)	50.79c-g	55.43 hi
		تیوفر (۲/۵ در ۱۰۰۰) Teofer (2.5 in 1000)	56.01abc	55.86c-f
		تیوفر (۵ در ۱۰۰۰) Teofer (5 in 1000)	52.61a-f	58.04cde

		تیوفر (شاهد) Teofer (control)	37/56ab	54.31d-g
اسید سالسیلیک (۳ میلی مولار) salicylic acid (3 mM)	روغن سویا (۲/۵ در ۱۰۰۰) Soybean oil (2.5 per 1000)	تیوفر (۲/۵ در ۱۰۰۰) Teofer (2.5 in 1000)	56/56ab	5685c-f
		تیوفر (۵ در ۱۰۰۰) Teofer (5 in 1000)	62/55a-d	58.37b-e
		تیوفر (شاهد) Teofer (control)	54.52a-e	55.04d-g
	روغن سویا (۵ ۳ظشطضس۱ث۳ در ۱۰۰۰) Soybean oil (5 per 1000)	تیوفر (۲/۵ در ۱۰۰۰) Teofer (2.5 in 1000)	55a-e	56.08c-f
		تیوفر (۵ در ۱۰۰۰) Teofer (5 in 1000)	54.54a-e	64.2ab

– حروف یکسان در هر ستون نشانه عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

-Means with the same letters within column are not significantly different at $p<0.05$ using Duncan´s Multiple Range Test.



شکل ۳- اثر متقابل محلول‌پاشی اسید سالسیلیک × ضد یخ تیوفر بر زمان شروع گلدهی گیلاس رقم 'سیاه تکدانه مشهد'

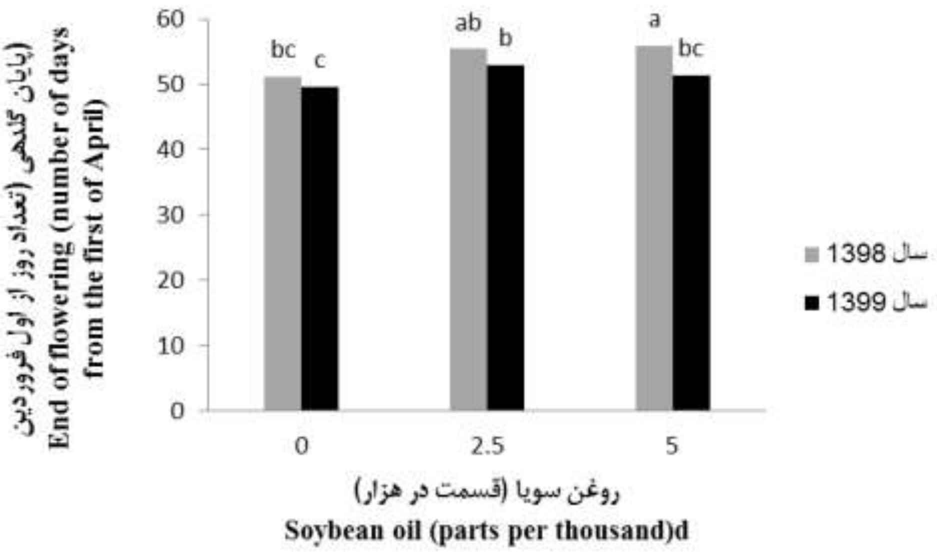
Figure 3- The interaction effect of salicylic acid foliar spraying × Thiofer antifreeze on the time of flowering of sweet cherry cv. Siahe Takdaneh Mashhad (DMRT, $p \le 0.05$)

نشت یونی

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و روغن سویا بر درصد نشت یونی نشان داد که با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک و روغن سویا از درصد نشت یونی کاسته شد، بطوری‌که کمترین درصد نشت یونی در ترکیب تیماری ۳ میلی‌مولار اسید سالسیلیک و غلظت ۵ (قسمت در هزار) روغن سویا بدست آمد که نشان دهنده‌ی اثر اسید سالیسیلیک و روغن سویا در کاهش نشت یونی است (شکل ۵). نتایج پژوهش مظفری و یزدان پناه (Mozafari & Yazdan Panah, 2018) نشان داد که در پسته تیمارهای اسید سالیسیلیک و کلسیم موجب کاهش نشت یونی از غشا در پایان تیمار سرمادهی شد. دلیل آن را می‌توان چنین بیان کرد که احتمالا تیمارهای اعمال شده ضمن افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها، سبب کاهش سمیت رادیکال‌های آزاد می‌شود.

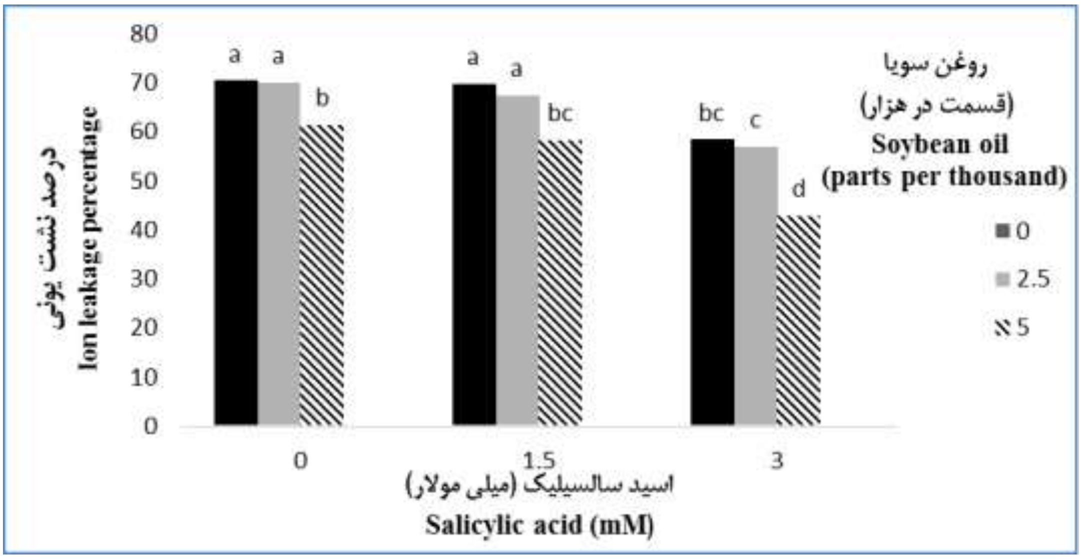
هنگامی‌که بافت‌های گیاه بر اثر سرما آسیب می‌بینند، رادیکال‌های آزاد اکسیژن مثل سوپراکسید، هیدروژن پراکسیداز و رادیکال‌های هیدروکسیل تجمع می‌یابند و باعث آسیب رساندن به لیپیدها و اسیدهای چرب غشا می‌شوند. تداوم این امر موجب تخریب بیشتر غشای سلول و خروج آب از درون سلول به فضای بین سلولی می‌شود و نتیجه این وضعیت، بروز پدیده آبگز شدن و افزایش نشت یونی است (Azzarello *et al.*, 2009). کاربرد اسید سالسیلیک سبب

کاهش نشت یونی در گیاهان گوجه فرنگی (Senaratna *et al.*, 2000) و انگور (Liu *et al.*, 2008) شده است. تیمار دانهال‌های پسته رقم بادامی ریز با اسید سالسیلیک سبب افزایش مقاومت به سرمای آنها از طریق کاهش نشت یونی شده است (Sajadian, 2011).



شکل ٤- اثر متقابل سال و محلول‌پاشی روغن سویا بر پایان گلدهی گیلاس رقم 'سیاه تکدانه مشهد'

Figure 4- The interaction effect of year × soybean oil spraying on the end of flowering of sweet cherry cv. Siahe Takdaneh Mashhad (DMRT, $p \leq 0.05$)

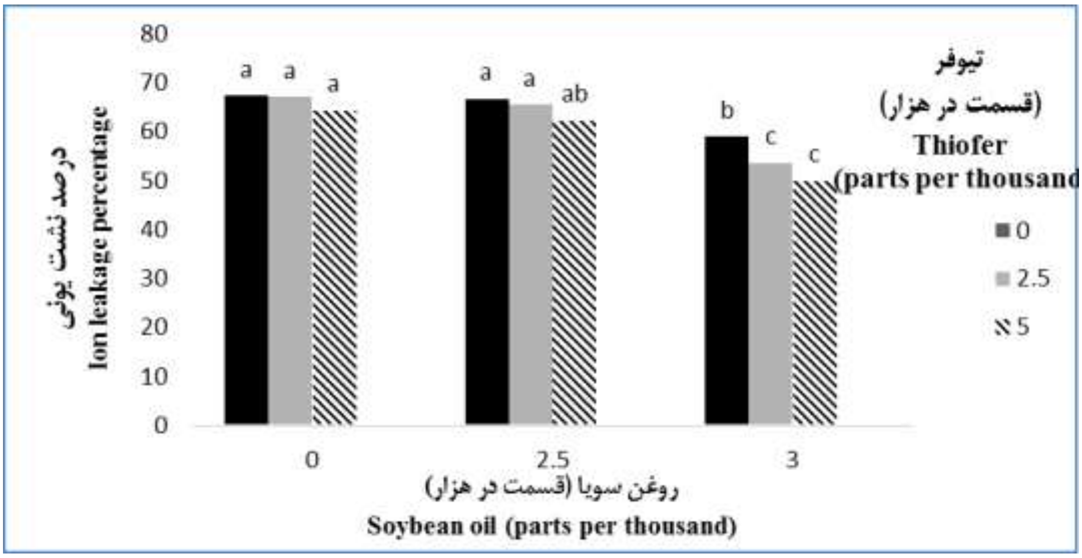


شکل ۵- اثر متقابل محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک × روغن سویا بر درصد نشت یونی گیلاس رقم 'سیاه تکدانه مشهد'

Figure 5- The interaction effect of salicylic acid ×soybean oil foliar spraying on ion leakage percentage of sweet cherry cv. Siahe Takdaneh Mashhad (DMRT, $p \leq 0.05$)

اثر متقابل محلول‌پاشی تیوفر و روغن سویا بر درصد نشت یونی نشان داد که با افزایش غلظت تیوفر و روغن سویا از درصد نشت یونی کاسته شد بطوری‌که کمترین درصد نشت یونی در ترکیب تیماری غلظت ۳ (قسمت در هزار) روغن سویا در غلظت ۵ (قسمت در هزار) تیوفر بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با غلظت ۲/۵ (قسمت در هزار) تیوفر نداشت (شکل ۶). می‌توان بیان کرد که در طول رکود

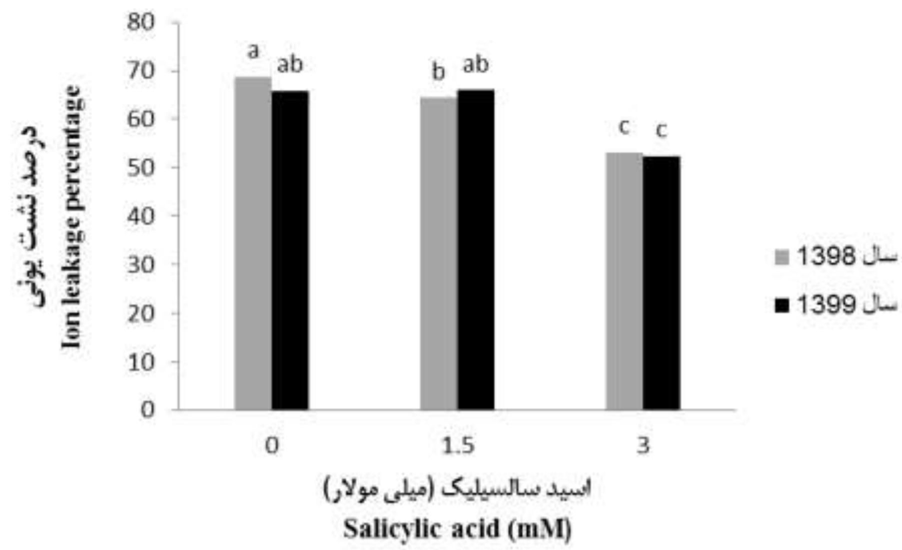
تأثیر محافظتی کربوهیدرات‌های محلول در غشا بیشتر از پرولین بوده و علت تأثیر مثبت محلول پاشی روغن سویا در کاهش نشت الکترولیت‌ها اثر آن روی افزایش محتوای کربوهیدرات‌های محلول باشد (Rasouli *et al.*, 2016).



شکل ٦- اثر متقابل محلول‌پاشی روغن سویا × ضد یخ بر درصد نشت یونی گیلاس رقم 'سیاه تکدانه مشهد'

Figure 6- The interaction effect of soybean oil ×antifreeze on the percentage of ion leakage of sweet cherry cv. Siahe Takdaneh Mashhad (DMRT, $p \leq 0.05$)

افزایش غلظت اسید سالسیلیک باعث کاهش درصد نشت یونی شد بطوری‌که کمترین نشت یونی (۵۳/۲۲ درصد) در تیمار ۳ میلی مولار اسید سالسیلیک که از نظر سال اختلاف معنی‌داری نداشت، بدست آمد (شکل ۷). حفظ پایداری غشای سلولی طی تنش، نقش محوری در افزایش تحمل گیاه دارد و شاخص مناسبی از میزان تحمل گیاه به تنش است. غشاهای سلولی و اندامک‌ها، اولین محل آسیب به سلول‌ها در شرایط تنش توسط گونه‌های فعال اکسیژن هستند (Ghasemi *et al.*, 2020). گزارش شده است که اسید سالیسیلیک با مهار گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر، از آسیب به اسیدهای چرب جلوگیری و نفوذپذیری و نشت یونی غشاء را کاهش و از غشاء تیلاکوئیدی در مقابل تنش محافظت می‌کند (Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2017).



شکل ۷- اثر متقابل سال × محلول‌پاشی اسید سالسیلیک بر درصد نشت یونی گیلاس رقم 'سیاه تکدانه مشهد'

Figure 7- The interaction effect of year ×salicylic acid foliar spraying on ion leakage percentage of sweet cherry cv. Siahe Takdaneh Mashhad (DMRT, $p \leq 0.05$)

مالون دی آلدئید

اثر متقابل سال و محلول‌پاشی اسید سالسیلیک بر میزان مالون دی آلدئید نشان داد که بیشترین فعالیت مالون دی آلدئید (۱/۸۸ میکروگرم بر گرم وزن تر) در شاهد و تیمار ۳ میلی‌مولار اسید سالسیلیک در سال ۱۳۹۸ بدست آمد (شکل ۸). بهبود فعالیت آنزیم های آنتی‌اکسیدان و میزان مالون دی آلدئید در اثر تیمار کائولین و سالیسیلک در گیاهان مختلف گزارش شده است (Ghanbari *et al.*, 2018;2021; Brito *et al.*, 2021). در این رابطه گزارش شده است که تیمار سالیسلک با تغییر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و میزان مالون دی آلدئید شرایط بهتری را برای گیاه فراهم می‌کند تا بتواند خسارت اکسیداتیو را کاهش دهد (Bernardo *et al.*, 2017).

در این پژوهش محلول‌پاشی اسید سالسیلیک ممکن است از طریق فعال نمودن آنزیم‌های آنتی اکسیدانی باعث کاهش میزان مالون دی آلدئید شده باشد، بطوری‌که این آنزیم‌ها از طریق خنثی نمودن رادیکال‌های فعال اکسیژن مانع صدمه به غشای سلولی شده و در نتیجه منجر به کاهش غلظت مالون دی آلدئید گردیده است.

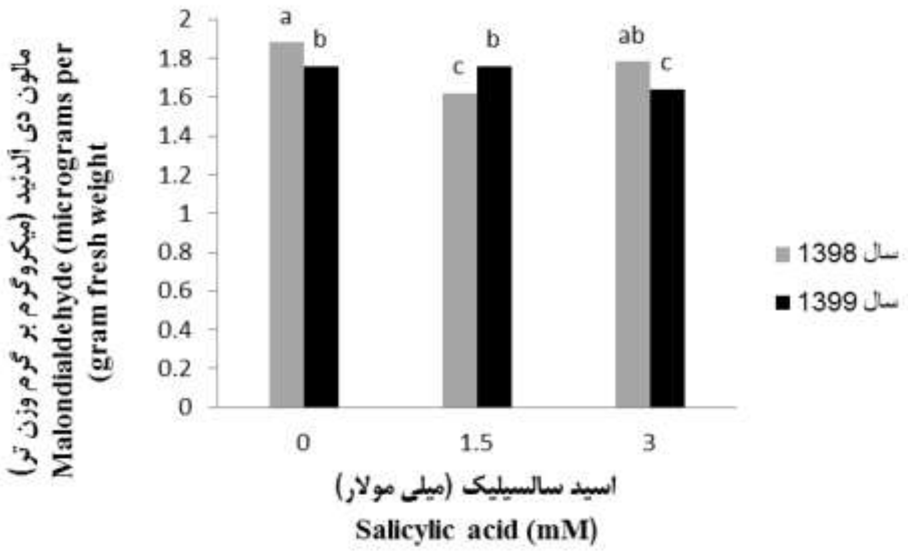
اثر متقابل سال و محلول‌پاشی روغن سویا بر میزان مالون دی آلدئید نشان داد که بیشترین فعالیت مالون دی آلدئید (۱/۹۲ میکروگرم بر گرم وزن تر) در تیمار شاهد در سال ۱۳۹۸ بدست آمد (شکل ۹). تیمار با روغن‌ها با پوشش دادن جوانه‌ها موجب افزایش مقدار کربن دی اکسید و کاهش اکسیژن و در نتیجه باعث کاهش میزان مالون دی آلدئید می‌شود (Rasouli *et al.*, 2016).

فنل کل

مطابق شکل ۱۰ افزایش غلظت اسید سالسیلیک باعث افزایش محتوای فنل کل شد بطوری‌که بیشترین محتوای فنل کل (۵۳/۲۲ درصد) در تیمار ۳ میلی‌مولار اسید سالسیلیک بدست آمد که تیمار ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالسیلیک اختلاف معنی‌داری نداشت.

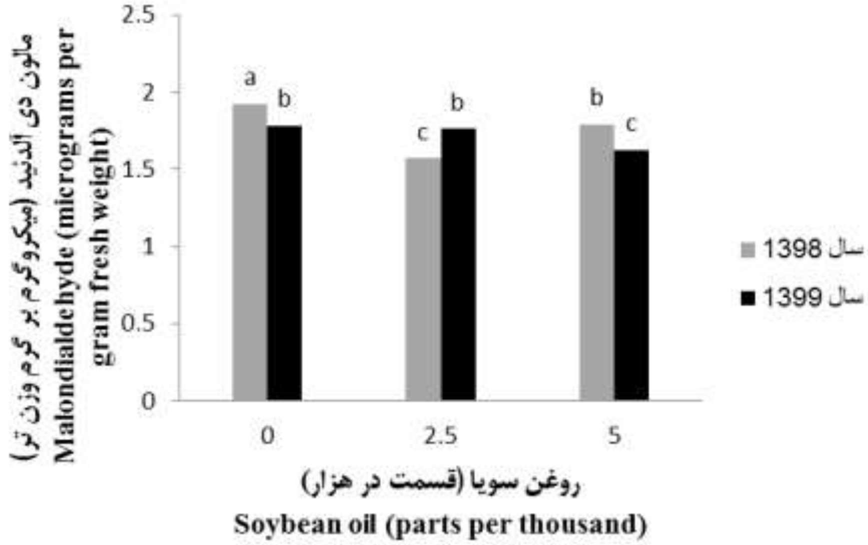
افزایش غلظت ترکیبات فنلی در تیمار محلول‌پاشی ۱ میلی‌مولار اسید سالسیلیک در ارقام انگور اتفاق افتاد (Abbasi Kashani *et al.*, 2020). برای سازگار شدن با سرما، ترکیبات فنلی در گیاهان تجمع می‌یابد که این ترکیبات با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه ارتباط دارد (Mozafari & Yazdan Panah, 2018). کاهش دما سبب افزایش تجمع ترکیبات فنلی در گیاه می‌شود و می‌تواند به‌عنوان نوعی سازوکار برای سازگاری و غلبه بر تنش اکسیداتیو ناشی از دمای پایین عمل کند (Balasundram *et al.*, 2007).

بالسادورام و همکاران (Balasundram *et al.*, 2007) گزارش کردند که تجمع ترکیبات فنلی و پروتئین‌ها در بوته‌های انگور ضمن حفظ پایداری غشا در دمای کم، تولید مالون دی آلدهید کمتر و در نتیجه سازگاری بیشتر به دمای کم و به افزایش تحمل به یخزدگی در آنها منجر می‌شود.



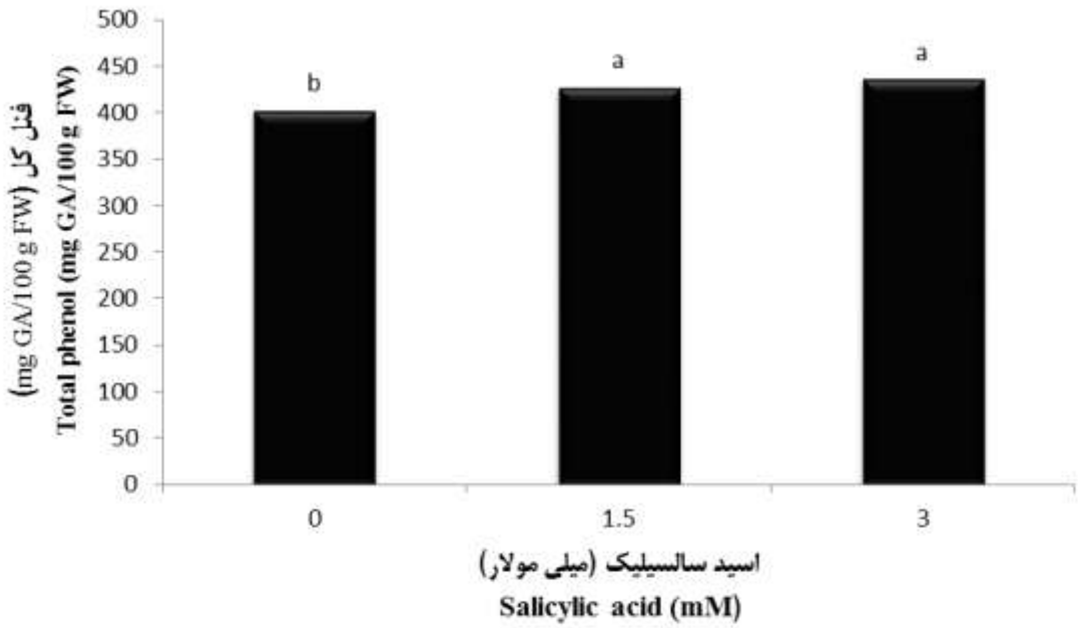
شکل ۸- اثر متقابل سال ×محلول‌پاشی اسید سالسیلیک بر میزان مالون دی آلدئید گیلاس رقم 'سیاه تکدانه مشهد'

Figure 8- The interaction effect of year ×salicylic acid foliar spraying on the amount of malondialdehyde of sweet cherry cv. Siahe Takdaneh Mashhad (DMRT, *p≤0.05*)



شکل ۹- اثر متقابل سال × محلول‌پاشی روغن سویا بر میزان مالون دی آلدئید گیلاس رقم 'سیاه تکدانه مشهد'

Figure 9- The interaction effect of year ×soybean oil spraying on the amount of malondialdehyde of sweet cherry cv. Siahe Takdaneh Mashhad (DMRT, $p\leq 0.05$)

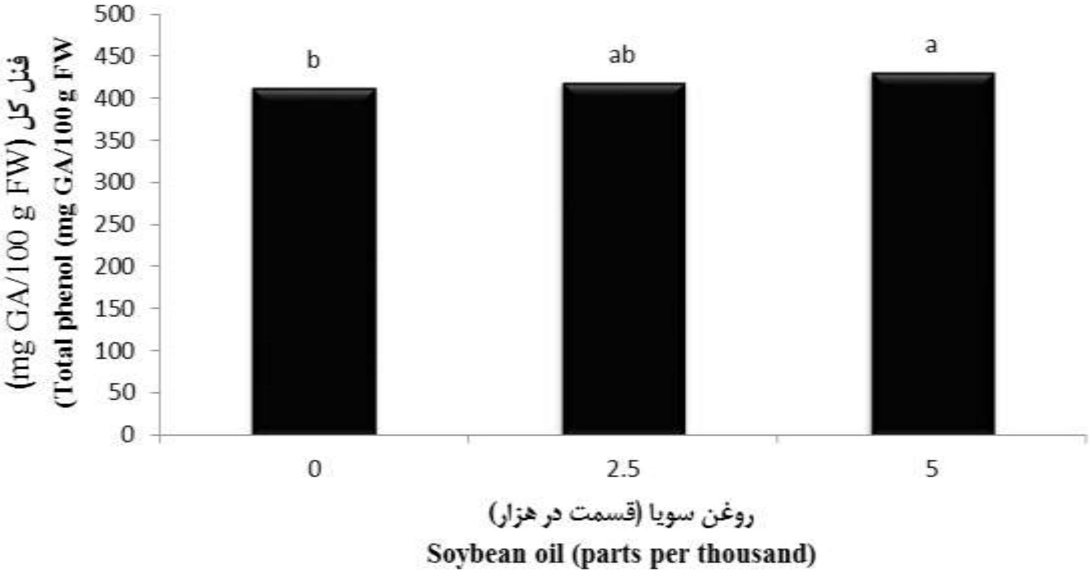


شکل ۱۰- اثر محلول‌پاشی اسید سالسیلیک بر میزان فنل کل گیلاس رقم 'سیاه تکدانه مشهد'

Figure 10- The effect of salicylic acid foliar spraying on the amount of total phenol of sweet cherry cv. Siahe Takdaneh Mashhad (DMRT, $p\leq 0.05$)

افزایش ترکیبات فنلی طی مرحله سازگاری به سرما در پسته (Palonen, 1999) و سیب (Huang & Wang, 1982) مشاهده شده است. چن و تیان (Chan & Tian, 2006) بیان کردند که تجمع ترکیبات فنلی را به دنبال افزایش فعالیت آنزیم‌های فنیل آلانین آمونیالیاز در انگور پس از کاربرد اسید سالسیلیک گزارش کردند. بنابراین نتیجه گرفتند که اسید سالسیلیک نقش مهمی در بیوسنتز ترکیبات فنولی و بیان ژنهای دفاعی گیاه دارد.

اثر ساده محلول‌پاشی روغن سویا بر میزان فنل کل نشان داد که بیشترین محتوای فنل کل در غلظت ۳ (قسمت در هزار) روغن سویا که اختلاف معنی‌داری با در غلظت ۲/۵ (قسمت در هزار) روغن سویا نداشت مشاهده شد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- اثر محلول‌پاشی روغن سویا بر میزان فنل کل گیلاس رقم 'سیاه تکدانه مشهد'

Figure 11- The effect of soybean oil foliar application on the amount of total phenol of sweet cherry cv. Siahe Takdaneh Mashhad (DMRT, *p≤0.05*)

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، محلول‌پاشی اسید سالسیلیک، روغن سویا و ضد یخ طبیعی تیوفر سبب افزایش درصد گل سالم، مادگی سالم و فنل کل و کاهش نشت یونی و مالون دی آلدئید در درختان گیلاس در برابر تنش سرما تحت شرایط کنترل شده شدند. از آنجا که کاهش نشت یونی و افزایش فنل کل مورد بررسی در این پژوهش منجر به افزایش مقاومت به سرما می‌شوند، لذا استفاده از این ترکیبات (تیمار محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک (۱/۵ میلی‌مولار) به همراه روغن سویا (۵ در ۱۰۰۰) و محلول‌پاشی ۲/۵ در ۱۰۰۰ ضدیخ طبیعی تیوفر) به‌عنوان یک روش آسان و ارزان در افزایش تحمل به سرمای بهاره در درختان گیلاس رقم سیاه تکدانه مشهد توصیه می‌شود.

References

1. Abbasi Kashani, A., Ebadi, A., Fattahi Moghaddam, M.R., & Shokrpour, M. (2020). Effect of salicylic acid on reduction of spring cold damage on some cultivars of *Vitis vinifera* and *Vitis riparia*. *Journal of Horticultural Science*, *34*(3), 361-376.
2. Alirezaie Noghondar, M., Bayat, H., & Nemati, H. (2013). Effect of salicylic acid on alleviating of electrolyte leakage and flower organ damage in apricot (*Prunus armeniaca* L. cv. ‘Shahroudi’) under artiicial cold stress. *Notulae Scientia Biologicae*, *5*(1), 1-5.
3. Azzarello, E., Mugnai, S., Pandolfi, C., Masi, E., Marrone, E., & Mancus, O.S. (2009). Comparing image (fractal analysis) and electrochemical (impedance spectroscopy and electrolyte leakage) techniques for the assessment of the freezing tolerance in olive. *Trees*, *23*, 159-167.
4. Balasundram N., Sundram, K., & Samman, S. (2007). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, *99*, 191- 203.
5. Bernardo, S., Dinis, L.T., Luzio, A., Pinto, G., Meijon, M., Valledor, L., & Moutinho-Pereira, J. (2017). Kaolin particle film application lowers oxidative damage and DNA methylation on grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Environmental and Experimental Botany*, *139*, 39-47.
6. Brito, C., Dinis, L.T., Silva, E., Gonçalves, A., Matos, C., Rodrigues, M.A., & Correia, C. (2018). Kaolin and salicylic acid foliar application modulate yield, quality and phytochemical composition of olive pulp and oil from rainfed trees. *Scientia Horticulturae*, *237*, 176-183.
7. Chayani, S., Ershadi, A., & Sari Khani, H. (2016). The effect of soybean oil and naphthalene acetic acid in delaying the bud opening time and reducing spring cold damage in 'Fakhri' grapes. *Journal of Crops Improvement, 17*(2), 457-371.

8. Chan, Z., & Tian, S. (2006). Induction of H_2O_2 metabolizing enzyme and total protein synthesis by antagonistic yeast and salicylic acid in harvested sweet cherry. *Postharvest Biology and Technology*, *39*, 314-320.
9. Dehnavi, A., Rezaei, M., Hokmanadi, H., & Ghorbani, H. (2021). Effects of Ethephon and soybean oil on the time of flowering of two apricot varieties from Shahrood, Iran. *Journal of Crop Production and Processing*, *7*(1), 31-42.
10. Ecevit, F.M. (2004). Bimas Team. Isparta / Türkiye, http: //www. bimastarim.com/dogal-bitki-antifrizi.html.
11. Ghanbari, F., Saidi, M., Akbari, S., and Gravand, S. (2021). The effects of salicylic acid and kaolin on growth, yield and some physiological responses of tomatoe under different irrigation intervals. *Plant Process and Function*, *10*(44), 219-234.
12. Ghasemi, M., Ghasemi, S., Hosseini Nasab, F.A., & Rezaei, N. (2020). Effect of salicylic acid application on some growth traits of Lemon verbena (*Lippia citriodora*) under salinity stress. *Journal of Plant Production Research, 26*(4), 163-176. https://doi.org/10.22069/jopp.2019.15790.2417
13. Hajivand, S., & Rahmati, M. (2018). The effects of anti-freeze compounds on the effective biological materials in freezing tolerance of grape under the orchard conditions. *Journal of Horticultural Science, 32*(1), 159-170. https://doi.org/10.22067/jhorts4.v32i1.64047
14. Huang, Y., & Wang, Z. (1982). Cytological determination of cold resistance in fruit trees (*Malus*). *Acta Horticulture, 9*, 23-30.
15. Karimi, R., Saberi, A., & None Khadivi, A. (2021). Effects of foliar spray of agricultural grade mineral oil in springtime, in combination with potassium and calcium sulfates on the phenological and biophysical indices of clusters, and foliar nutritional levels in grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. Sultana (Id. Thompson seedless, Sultanina).
16. Khoram Shahi, L. (2012). *The effect of thiofer solution and salicylic acid on spring cold resistance of walnut trees*. Boali Sinai University, Hamedan. Master of Science thesis.
17. Kosova, K., Prasil, I.T., Vitamvas, P., Dobrev, P., Motyka, V., & Flokova, K. (2012). Complex phytohormone responses during the cold acclimation of two wheat cultivars differing in cold tolerance, winter Samanta and spring Sandra. *Journal of Plant Physiology*, *169*, 567–576
18. Liu, Y., Zhang, J., Liu, H., & Huang, W. (2008). Salicylic acid or heat acclimation pre-treatment enhances the plasma membrane-associated ATPase activities in young grape plants. *Scientia Horticulturae*, *119*, 21-27.
19. Mahmoudi, F., Sheikhzadeh Mosaddegh, P., Zare, N., & Esmaielpour, B. (2019). Improvement of seed germination, growth and biochemical characteristics of Borage (*Borago officinalis* L.) seedlings with seed priming under cadmium stress conditions. *Iranian Journal of Plant Biology*, *11*(1), 23-42. https://doi.org/10.22108/ijpb.2019.111889.1104
20. Mahmoudzade, O., Faroughi, D., & Imani, A. (2012). *The effect of some chemical compounds on the frost injury of apricot under West Azerbaijan conditions*. Second National Conference on climate change and its impact on agriculture and the environment, Urmia, agricultural research center, West Azerbaijan.
21. Miura, K., & Tad, K. (2014). Regulation of water, salinity, and cold stress responses by salicylic acid. *Frontiers in Plant Science*, *5*(4), 1-12.
22. Mozafari, V., & Yazdan Panah, F. (2018). The effect of salicylic acid and calcium on the frost resistance of pistachio seeds of Kale-Ghochi variety. *Applied Soil Research*, *7*(7), 74-80. (In Persian with English abstract)
23. Nasiri, A., Shoukohian, A.K., Qavidel, A., & Ainizadeh, S. (2021). *Investigating the effect of nutrition on the cold resistance of apple trees*, master of science thesis of Mohaghegh Ardabili University.
24. Noreen, S., & Ashraf, M. (2010). Modulation of salt (NaCl)-induced effects on oil composition and fatty acid profile of sunflower (*Helianthus annuus* L.) by exogenous application of salicylic acid. *Journal of Science of Food and Agriculture, 90*, 2608-2616.
25. Palonen, P. (1999). Relationship of seasonal changes in carbohydrates and cold hardiness in canes and buds of three red raspberry cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *124*, 509-513.
26. Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y., Rousta, M.J., & Hashemi, S.E. (2017). Effect of salicylic acid on biochemical attributes and grain yield of barley (*Hordeum vulgare* L. cv. Nosrat) under saline conditions. Iran. *Journal Crop Science*, *18*(3), 232-244. (In Persian)
27. Pirkhezari, M. (2018). Investigating the effect of plant antifreeze compounds in preventing spring frost of plum and tomato trees (*Prunus* spp.), 11th Iranian Congress of Horticultural Sciences, Urmia). (In Persian with English abstract)
28. Qrunfleh, I.M. (2010). *Delaying bud break in `Edelweiss' grapevines to avoid spring frost injuryby NAA and vegetable oil applications.* Ph.D. thesis,University of Nebraska-Lincoln, USA.
29. Rasouli, M., Raushi, P., & Babaei, A. (2016). Evaluation of the effect of soybean oil on some physiological indicators related to cold tolerance in "Bidane Safid" grapes. *Researches on Fruit Production*, *2*(2), 82-95. (In Persian with English abstract)
30. Ronald, S., & Laima, S. (1999). Phenolics and cold tolerance of *Brassica napus*. International Rapeseed Congress.
31. Sairam, R.K., Rao, K.V., & Srivastava, G.C. (2002). Differential response of wheat genotypes to longterm salinity

stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. *Plant Science*, *163*, 1037–1046.

32. Sajadian, H. (2011). Investigating the effect of salicylic acid on cold resistance of small almond pistachio seeds using ion leakage. Proceedings of the 7th Congress of Horticultural Sciences of Iran. pp. 132-134. In Persian with English abstract
33. Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E., & Dixon, K. (2000). Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation*, *30*, 157–161.
34. Solonkin, A., Nikolskaya, O., & Seminchenko, E. (2022). The effect of low-growing rootstocks on the adaptability and productivity of sour cherry varieties (*Prunus cerasus* L.) in arid conditions. *Horticulturae*, *8*(5), 400. https://doi.org/10.3390/horticulturae8050400
35. USDA, N. (2020). The Plants Database. Greensboro: National plant data team. http://plants.usda.gov/.
36. Zhang, J.Z., Creelman, R.A., & Zhu, J.K. (2004). From laboratory to field using information from Arabidobsis to engineer salt, cold and drought tolerance in crops. *Plant Physiology*, *135*(2), 615-621.